BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-194482
(43)Date of publication of application : 10.07.2002

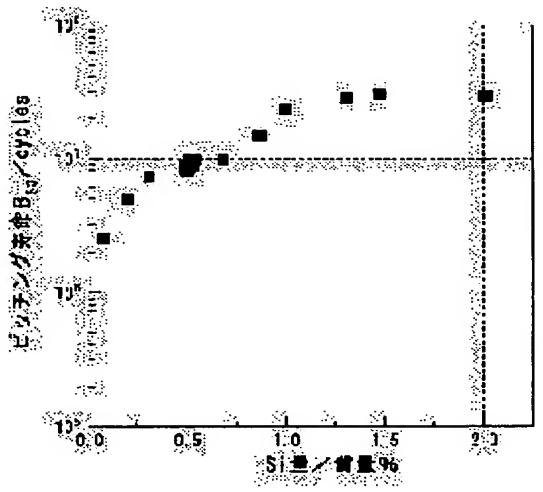
(51)Int.Cl. C22C 38/00
C22C 38/04
C22C 38/60

(21)Application number : 2000-389839
(22)Date of filing : 22.12.2000

(71)Applicant : SANYO SPECIAL STEEL CO LTD
(72)Inventor : KATSURA TAKAYUKI
HIRAOKA KAZUHIKO

(54) STEEL FOR INDUCTION HARDENING

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide steel for induction hardening which has excellent wear resistance and pitting resistance.
SOLUTION: The steel for induction hardening contains alloy elements of, by mass, 0.30 to 0.50% C, 0.30 to 1.50% Si and 0.30 to 1.50% Mn, and the balance Fe with inevitable impurities, and is applied to parts having excellent wear resistance and an excellent pitting resisting life as shown in the figure.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	06.05.2004
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	10.05.2005
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]
[Claim 1] Steel for induction hardening applied to the components with which the content of an alloy element excelled [% / mass] in the remainder by consisting of Fe and an unescapable impurity at abrasion resistance and pitching-proof nature C:0.30 - 0.50%, Si:0.30-1.50%, and Mn:0.30-1.50%.
[Claim 2] Steel for induction hardening containing one sort which was chosen from nickel:0.03-3.00%, Cr:0.05-0.30%, and Mo:0.01-1.50% by mass % in addition to the alloy element according to claim 1, or two sorts or more applied to the components excellent in abrasion resistance and pitching-proof nature.
[Claim 3] Steel for induction hardening containing one sort which was chosen by mass % from V:0.05 - 0.50%, B:0.0005 - 0.0050%, Ti:0.02-0.05%, and Nb:0.005-0.200% in addition to the alloy element according to claim 1 or 2, or two sorts or more applied to the components excellent in abrasion resistance and pitching-proof nature.
[Claim 4] Steel for induction hardening which contains aluminum:0.005-0.050% and N:<=0.015% by mass % in any 1 term of claims 1-3 in addition to the alloy element of a publication and which is applied to the components excellent in abrasion resistance and pitching-proof nature.
[Claim 5] Steel for induction hardening containing one sort which was chosen as any 1 term of claims 1-4 by mass % from S:0.003 - 0.020%, Pb:0.03-0.20%, Bi:0.03-0.15%, and calcium:0.0003-0.0050% in addition to the alloy element of a publication, or two sorts or more applied to the components excellent in abrasion resistance and pitching-proof nature.
[Claim 6] Steel for induction hardening applied to the components excellent in abrasion resistance given in any 1 term of claims 1-5 whose Vickers hardness numbers at the time of annealing at 300 degrees C after induction hardening processing are 500 or more HV, and pitching-proof nature.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]
[0001]
[Field of the Invention] This invention relates to the steel for induction hardening which obtains the high degree-of-hardness components excellent in abrasion resistance and pitching-proof nature.
[0002]
[Description of the Prior Art] In the steering components and shaft of an automobile, it is JIS until now. The coal mine was used while being represented by SCM440 and S45C. However, since the load concerning a steering etc. is becoming large in recent years, a demand to abrasion resistance and pitching-proof nature is increasing increasingly. Although the abrasion resistance in an elevated temperature and pitching-proof nature are needed in order that a surface degree of hardness may decrease by annealing in becoming hot environments especially during use, the present condition is that the demand is not attained.
[0003]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] The place which this invention was made against the background of the above situations, and is made into the purpose of this invention is offering the steel for induction hardening excellent in abrasion resistance and pitching-proof nature.
[0004]
[Means for Solving the Problem] In order to raise abrasion resistance and pitching-proof nature, it is effective to raise resistance to temper softening. Therefore, it is JIS about Si said to raise resistance to temper softening. When it processed on the same induction hardening conditions as JIS steel by carrying out increase-in-quantity addition rather than SCM440 and S45C, it was possible to have raised resistance to temper softening rather than JIS steel, it found out that abrasion resistance and pitching-proof nature were improved greatly, and this invention was obtained.
[0005] That is, the means of this invention for solving the above-mentioned technical problem is steel for induction hardening applied to the components the content of an alloy element excelled [components] in invention of claim 1 at abrasion resistance and pitching-proof nature by the remainder consisting of Fe and an unescapable impurity by mass % C:0.30 - 0.50%, Si:0.30-1.50%, and Mn:0.30-1.50%.

[0006] It is the steel for induction hardening applied to the components containing one sort which is mass % and was chosen from nickel:0.03-3.00%, Cr:0.05-0.30%, and Mo:0.01-1.50% in addition to the alloy element of the means of claim 1 in invention of claim 2, or two sorts or more which were excellent at abrasion resistance and pitching-proof nature.
[0007] It is the steel for induction hardening applied to the components containing one sort which is mass % and was chosen in addition to the alloy element of the means of claims 1 or 2 in invention of claim 3 from V:0.05 - 0.50%, B:0.0005 - 0.0050%, Ti:0.02-0.05%, and Nb:0.005-0.200%, or two sorts or more which were excellent at abrasion resistance and pitching-proof nature.
[0008] It is the steel for induction hardening applied to the components which are mass %s and contain aluminum:0.005-0.050% and N:<=0.015% in invention of claim 4 in addition to the alloy element of the means of any 1 term of claims 1-3, and which were excellent at abrasion resistance and pitching-proof nature.
[0009] It is the steel for induction hardening applied to the components containing one sort which is mass % and was chosen in invention of claim 5 in addition to the alloy element of the means of any 1 term of claim -4 from S:0.003 - 0.020%, Pb:0.03-0.20%, Bi:0.03-0.15%, and calcium:0.0003-0.0050%, or two sorts or more which were excellent at abrasion resistance and pitching-proof nature.

[0010] In invention of claim 6, the Vickers hardness number at the time of annealing at 300 degrees C offers the steel for induction hardening in the means of any 1 term of claims 1-5 which are 500 or more HV applied to the components excellent in abrasion resistance and pitching-proof nature after induction hardening processing.
[0011] The reason for limitation of the alloy element in this invention is explained below. In addition, mass % shows %.
[0012] C:0.30 - 0.50%C is an element indispensable when securing the reinforcement of steel, and the content determines the hardness after induction hardening. So, in this invention, the minimum of C content was made into 0.30%, and hardness is secured. However, since the evil of reducing degradation and machinability of toughness will be brought about if there are too many the contents, an upper limit is made into 0.50%.
[0013] Si: 0.30 - 1.50%Si is an element which has an important role in this invention, dissolves in a matrix, and raises a tempering softening property by controlling a pearlite transformation. When the content is less than 0.30%, the effectiveness is not fully acquired, but since toughness and machinability will be reduced if many [too], an upper limit is made into 1.50%.
[0014] Mn: 0.30 - 1.50%Mn raises the hot-working nature of steel, and secures hardenability. When the content is less than 0.30%, the effectiveness is not fully acquired, but since machinability and cold forging nature will be degraded if many [too], an upper limit is made into 1.50%.
[0015] nickel: 0.03 - 3.00%nickel raises hardenability and makes the reinforcement in crystal grain increase. When the content is less than 0.03%, the effectiveness is not fully acquired, but since the grain boundary segregation of P will be promoted if many [too], an upper limit is made into 3.00%.
[0016] Cr: 0.05-0.30%Cr contributes to improvement in hardenability. When the content is less than 0.05%, the effectiveness is not fully

acquired, but since concentration into carbide will take place at the time of spheroidizing, carbide will remain at the time of induction hardening and uniform hardening hardness will not be obtained if many [too], an upper limit is made into 0.30%.
[0017] Mo: Mo contributes to improvement in hardenability 0.01 to 1.50%. When the content is less than 0.01%, the effectiveness is not fully acquired, but since workability will be degraded if many [too], an upper limit is made into 1.50%.
[0018] V:0.05 - 0.50%V contributes to grain refining, and raises toughness. When the content is less than 0.05%, the effectiveness is not fully acquired, but since a mechanical property will be degraded if many [too], an upper limit is made into 0.50%.
[0019] B:0.0005 - 0.0050%B is an element which strengthens grain boundary reinforcement, and raises toughness, and raises hardenability. When the content is less than 0.0005%, the effectiveness is not fully acquired, but since hardenability will be conversely reduced if many [too], an upper limit is made into 0.0050%.
[0020] Ti: It is the element which Ti fixes free-N in steel 0.02 to 0.05%, and raises the effectiveness to the hardenability of B, and raises toughness. In order that the amount of N in steel may specify it as 0.015% or less even if the effectiveness is not fully acquired but exceeds 0.05% when the content is less than 0.02%, since the effectiveness is saturated, it makes an upper limit 0.05%.
[0021] Nb: 0.005-0.200%Nb is an element which controls coarsening and raises toughness. When the content is less than 0.005%, the effectiveness is not fully acquired, but if many [too], in order to carry out precipitation hardening of the ferrite ground by carbon nitride generation, since deformation resistance is made to increase, an upper limit is made into 0.200%.
[0022] aluminum: 0.005 - 0.050%aluminum is an element required as deoxidation material, and it is the element which combines with N, serves as AlN and controls big and rough-ization of crystal grain. Since the effectiveness is not fully acquired, but an alumina system oxide will increase if many [too] and a fatigue property and workability are reduced when the content is less than 0.005%, an upper limit is made into 0.050%.
[0023] N: Since TiN will increase and <=0.015%N will have a bad influence on a fatigue property if it is contained exceeding 0.015%, it makes an upper limit 0.015%.
[0024] Each of S:0.003 - 0.020%, Pb:0.03-0.20%, Bi:0.03-0.15%, calcium:0.0003% - 0.0050%S, and Pb(s), Bi(s) and calcium are elements which raise machinability. When there are too few the contents, the effectiveness is not fully acquired, but since it has a bad influence on a property too as many, the range is determined.
[0025]
[Embodiment of the Invention] The steel of the gestalt of operation of this invention is shown in Table 1 and 2, drawing 1 -4, and a list through an example. In Table 1, as for the gestalt of operation of claim 3, and the invention steel 4, the invention steel 1 shows [the gestalt of operation of claim 1, and the invention steel 2] the steel of the gestalt of operation of claim 5 for the gestalt of operation of claim 2, and the invention steel 3, as for the gestalt of operation of claim 4, and the invention steel 5-15.
[0026]
[Table 1]

(質量%)

		C	Si	Mn	S	Cr	Mo	Ti	B	Al	N
発明鋼	1	0.43	0.49	0.59	0.002	0.03	-	-	-	-	0.0053
	2	0.47	0.52	0.62	0.001	0.14	0.02	-	-	-	0.0059
	3	0.44	0.47	0.60	0.002	0.17	0.03	0.033	0.0014	-	0.0065
	4	0.45	0.49	0.59	0.002	0.15	0.03	0.029	0.0012	0.032	0.0065
	5	0.44	0.31	0.61	0.012	0.14	0.02	0.031	0.0013	0.033	0.0062
	6	0.43	0.51	0.60	0.011	0.14	0.03	0.029	0.0014	0.029	0.0049
	7	0.46	0.69	0.60	0.014	0.16	0.02	0.029	0.0012	0.028	0.0067
	8	0.47	0.88	0.58	0.009	0.17	0.02	0.033	0.0009	0.032	0.0056
	9	0.43	1.01	0.61	0.011	0.14	0.02	0.029	0.0012	0.030	0.0065
	10	0.45	1.32	0.62	0.014	0.15	0.03	0.030	0.0011	0.031	0.0055
	11	0.45	1.49	0.62	0.013	0.13	0.03	0.032	0.0013	0.033	0.0059
	12	0.46	0.53	0.60	0.012	0.28	0.02	0.028	0.0014	0.032	0.0049
	13	0.43	0.51	0.60	0.011	0.13	1.01	0.030	0.0012	0.029	0.0066
	14	0.44	0.49	0.58	0.014	0.16	0.04	0.033	0.0045	0.028	0.0065
	15	0.45	0.50	0.63	0.011	0.19	0.02	0.031	0.0014	0.031	0.0123
比較鋼	1	0.44	0.07	0.59	0.011	0.17	0.02	0.031	0.0011	0.033	0.0055
	2	0.46	0.20	0.60	0.014	0.16	0.02	0.033	0.0018	0.032	0.0068
	3	0.46	2.03	0.58	0.012	0.19	0.03	0.028	0.0013	0.028	0.0063
	4	0.45	0.54	0.62	0.013	0.52	0.02	0.029	0.0013	0.029	0.0060
	5	0.42	0.49	0.63	0.009	0.16	0.02	0.029	0.0099	0.029	0.0057
	6	0.47	0.52	0.61	0.012	0.14	0.02	0.030	0.0012	0.030	0.0211

[0027]
[Example] After ingoting the steel of the chemical composition shown in Table 1 with 100kg vacuum melting furnace, hot forging was carried out at 1150 degrees C, and the material with a diameter of 32mm was manufactured. Subsequently, after normalizing to said each material, as for this roller pitching test piece 1 that created the roller pitching test piece 1 shown in drawing 1 , the diameter of a central major diameter has the dimension 26mm and whose die length are 28mm and whose die length the diameter of the narrow diameter portion of both sides is 22mm, and is 51mm. And after performing induction hardening processing which carries out a postscript to each roller pitching test piece 1, the roller pitching trial was performed.
[0028] Induction hardening processing was carried out on condition that the output of 40kW, the frequency of 200kHz, the electrical

potential difference of 9.5kV, current 3.2A, and coil passing speed 7 mm/sec, and performed tempering processing at 180 degrees C.
[0029] Here, the principle of a roller pitching trial is shown in drawing 2 . That is, in quest of 2, i.e., the number of rotations which is a life until it makes 3334Ns /carry out high-speed rotation under the planar pressure of 2 mm and pitching occurs, pitching-proof nature was evaluated for the roller pitching test piece 1 (small roller: quality of the material steel of Table 1), and the partner material 2 (large roller: 420 about JIS SCM) 340 kgf(s)/mm. In addition, the difference of the peripheral speed of the roller pitching test piece 1 (small roller) and the partner material 2 (large roller), i.e., a slip ratio, is 40% in this case. And after examining for five roller pitching test pieces 1 about a monograph affair, respectively, the Weibull plot was performed and pitching-proof nature was evaluated in quest of the breakage probability life (B50 life) 50%. Furthermore, the hardness in 100-micrometer location was measured under the 300-degree C high temperature service from the front face of a hard facing layer cross section. The result of induction hardening material is shown in Table 2 and drawing 3 , and 4. According to drawing 3 , the hardness in 300 degrees C is going up as the content of Si is made [many], and it is over 500HV by 0.3% or more of addition. In addition, the effectiveness is saturated as for 1.5% or more in the content of Si. Moreover, the effectiveness will be saturated, if the pitching life B50 is improving and a content is made 1.5% or more as the content of Si is made [many] according to drawing 4 .
[0030]
[Table 2]

		300℃高温硬さ(HV)	ローラーピッチング 寿命B_{50}
発明鋼	1	502	7.8×10^6
	2	514	8.4×10^6
	3	510	8.2×10^6
	4	513	8.0×10^6
	5	501	7.3×10^6
	6	512	8.5×10^6
	7	521	9.6×10^6
	8	531	1.5×10^7
	9	539	2.3×10^7
	10	547	2.8×10^7
	11	554	3.0×10^7
	12	515	8.8×10^6
	13	523	9.6×10^6
	14	519	8.7×10^6
	15	511	7.9×10^6
比較鋼	1	460	2.5×10^6
	2	487	5.0×10^6
	3	556	2.9×10^7
	4	521	9.8×10^6
	5	514	8.3×10^6
	6	510	8.6×10^6

[0031]
[Effect of the Invention] As explained above, this invention steel can make resistance to temper softening increase by adding Si so much, consequently is hard at an elevated temperature, and is the steel for induction hardening applicable to the components which have the property which was further excellent at pitching-proof nature.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]
[Drawing 1] It is the side elevation showing the outline of the roller pitching test piece 1.
[Drawing 2] It is the perspective view showing the principle of a roller pitching trial.
[Drawing 3] It is the graph which shows relation with an amount [of Si], and a hardness of 300 degrees C.
[Drawing 4] It is the relation between the amount of Si, and a pitching life, and is the graph which shows the roller pitching test result of induction hardening material.
[Description of Notations]
1 Roller Pitching Test Piece
2 Partner Material

[Translation done.]

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2002－194482
（P2002－194482A）
(43)公開日　平成14年７月10日(2002.7.10)

(51)Int.Cl.'		識別記号	FI		テーマコード'(参考)
Ｃ２２Ｃ	38/00	３０１	Ｃ２２Ｃ	38/00	３０１Ａ
	38/04			38/04	
	38/60			38/60	

審査請求　未請求　請求項の数６　ＯＬ　（全５頁）

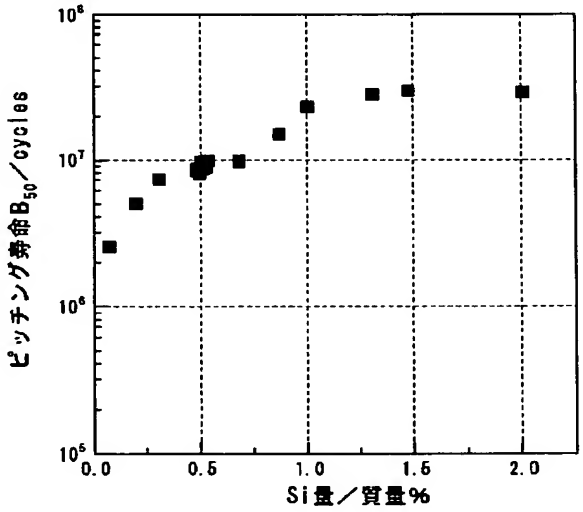
(21)出願番号　特願2000－389839(P2000－389839)

(22)出願日　平成12年12月22日(2000.12.22)

(71)出願人　000180070
山陽特殊製鋼株式会社
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地
(72)発明者　桂　隆之
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地
山陽特殊製鋼株式会社内
(72)発明者　平岡　和彦
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地
山陽特殊製鋼株式会社内
(74)代理人　100101085
弁理士　横井　健至

(54)【発明の名称】　高周波焼入れ用鋼

(57)【要約】
【課題】　耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた高周波焼入れ用鋼を提供する。
【解決手段】　合金元素の含有量が、質量％でＣ：０．３０～０．５０％、Ｓｉ：０．３０～１．５０％、Ｍｎ：０．３０～１．５０％、残部がＦｅおよび不可避不純物からなり、耐摩耗性および図４に示す耐ピッチング寿命に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】 合金元素の含有量が、質量％で、Ｃ：０．３０～０．５０％、Ｓｉ：０．３０～１．５０％、Ｍｎ：０．３０～１．５０％、残部がＦｅおよび不可避不純物からなり、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼。

【請求項２】 請求項１記載の合金元素に加えて、質量％で、Ｎｉ：０．０３～３．００％、Ｃｒ：０．０５～０．３０％、Ｍｏ：０．０１～１．５０％の中から選択した１種若しくは２種以上を含有する、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼。

【請求項３】 請求項１または２に記載の合金元素に加えて、質量％で、Ｖ：０．０５～０．５０％、Ｂ：０．０００５～０．００５０％、Ｔｉ：０．０２～０．０５％、Ｎｂ：０．００５～０．２００％の中から選択した１種若しくは２種以上を含有する、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼。

【請求項４】 請求項１～３のいずれか１項に記載の合金元素に加えて、質量％で、Ａｌ：０．００５～０．０５０％、Ｎ：≦０．０１５％を含有する、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼。

【請求項５】 請求項１～４のいずれか１項に記載の合金元素に加えて、質量％で、Ｓ：０．００３～０．０２０％、Ｐｂ：０．０３～０．２０％、Ｂｉ：０．０３～０．１５％、Ｃａ：０．０００３～０．００５０％の中から選択した１種若しくは２種以上を含有する、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼。

【請求項６】 高周波焼入れ処理後、３００℃で焼戻しをした際のビッカース硬さが５００ＨＶ以上である請求項１～５のいずれか１項に記載の耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた高硬度部品を得る高周波焼入れ用鋼に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】これまで自動車のステアリング部品やシャフト等には、ＪＩＳ ＳＣＭ４４０、Ｓ４５Ｃに代表される中炭鋼が用いられていた。ところが近年、ステアリングなどにかかる荷重が大きくなってきているため、耐摩耗性、耐ピッチング性への要求はますます高まりつつある。特に使用中に高温環境となる場合には、焼戻しにより表面の硬度が減少するため、高温での耐摩耗性、耐ピッチング性が必要となってきているが、その要求は達成されていないのが現状である。

【０００３】

2

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記のような事情を背景としてなされたもので、本発明の目的とするところは、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた高周波焼入れ用鋼を提供することである。

【０００４】

【課題を解決するための手段】耐摩耗性、耐ピッチング性を向上させるには、焼戻し軟化抵抗を向上させることが効果的である。そのために、焼戻し軟化抵抗を向上させると言われているＳｉをＪＩＳ ＳＣＭ４４０、Ｓ４５Ｃよりも増量添加することにより、ＪＩＳ鋼と同一の高周波焼入れ条件で処理した場合に、焼戻し軟化抵抗をＪＩＳ鋼よりも向上させることが可能で、耐摩耗性、耐ピッチング性が大きく改善されることを見出して本願の発明を得た。

【０００５】すなわち、上記の課題を解決するための本発明の手段は、請求項１の発明では、合金元素の含有量が、質量％でＣ：０．３０～０．５０％、Ｓｉ：０．３０～１．５０％、Ｍｎ：０．３０～１．５０％、残部がＦｅおよび不可避不純物からなり、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼である。

【０００６】請求項２の発明では、請求項１の手段の合金元素に加えて、質量％で、Ｎｉ：０．０３～３．００％、Ｃｒ：０．０５～０．３０％、Ｍｏ：０．０１～１．５０％の中から選択した１種または２種以上を含有する、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼である。

【０００７】請求項３の発明では、請求項１または２の手段の合金元素に加えて、質量％で、Ｖ：０．０５～０．５０％、Ｂ：０．０００５～０．００５０％、Ｔｉ：０．０２～０．０５％、Ｎｂ：０．００５～０．２００％の中から選択した１種または２種以上を含有する、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼である。

【０００８】請求項４の発明では、請求項１～３のいずれか１項の手段の合金元素に加えて、質量％で、Ａｌ：０．００５～０．０５０％、Ｎ：≦０．０１５％を含有する、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼である。

【０００９】請求項５の発明では、請求項～４のいずれか１項の手段の合金元素に加えて、質量％で、Ｓ：０．００３～０．０２０％、Ｐｂ：０．０３～０．２０％、Ｂｉ：０．０３～０．１５％、Ｃａ：０．０００３～０．００５０％の中から選択した１種または２種以上を含有する、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用される高周波焼入れ用鋼である。

【００１０】請求項６の発明では、高周波焼入れ処理後、３００℃で焼戻しをした際のビッカース硬さが５００ＨＶ以上である請求項１～５のいずれか１項の手段における、耐摩耗性、耐ピッチング性に優れた部品に適用

される高周波焼入れ用鋼を提供するものである。

【００１１】以下に本発明における合金元素の限定理由を説明する。なお、％は質量％で示す。

【００１２】Ｃ:０．３０～０．５０％

Ｃは鋼の強度を確保する上で必須の元素であり、その含有量が高周波焼入れ後の硬さを決定する。そこで本発明では、Ｃ含有量の下限を０．３０％とし、硬さを確保している。しかし、その含有量が多すぎると靭性の劣化や被削性を低下させるなどの弊害をもたらすので、上限を０．５０％とする。

【００１３】Ｓｉ:０．３０～１．５０％

Ｓｉは本発明において重要な役割を持つ元素であって、マトリックス中に固溶し、パーライト変態を抑制することにより焼戻し軟化特性を向上させる。その含有量が０．３０％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎると靭性や被削性を低下させるので上限を１．５０％とする。

【００１４】Ｍｎ:０．３０～１．５０％

Ｍｎは鋼の熱間加工性を高め、焼入性を確保する。その含有量が０．３０％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎると被削性や冷鍛性を劣化させるので上限を１．５０％とする。

【００１５】Ｎｉ:０．０３～３．００％

Ｎｉは焼入性を向上させて結晶粒内の強度を増加させる。その含有量が０．０３％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎるとＰの粒界偏析を助長するので上限を３．００％とする。

【００１６】Ｃｒ:０．０５～０．３０％

Ｃｒは焼入性の向上に寄与する。その含有量が０．０５％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎると球状化焼鈍時に炭化物中への濃縮が起こり、高周波焼入れ時に炭化物が残留し、均一な焼入れ硬さが得られないので上限を０．３０％とする。

【００１７】Ｍｏ:０．０１～１．５０％

Ｍｏは焼入性の向上に寄与する。その含有量が０．０１％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎると加工性を劣化させるので上限を１．５０％とする。

【００１８】Ｖ:０．０５～０．５０％

Ｖは結晶粒微細化に寄与して靭性を向上させる。その含有量が０．０５％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎると機械的性質を劣化させるので上限を０．５０％とする。

【００１９】Ｂ:０．０００５～０．００５０％

Ｂは粒界強度を強くし、靭性を向上させ、かつ焼入性を向上させる元素である。その含有量が０．０００５％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎると逆に焼入性を低下させるので上限を０．００５０％とする。

【００２０】Ｔｉ:０．０２～０．０５％

Ｔｉは鋼中のｆｒｅｅ－Ｎを固定してＢの焼入性への効果を上げ、かつ靭性を向上させる元素である。その含有量が０．０２％未満の場合はその効果が十分には得られず、０．０５％を超えても鋼中のＮ量が０．０１５％以下と規定するために、その効果は飽和するので上限を０．０５％とする。

【００２１】Ｎｂ:０．００５～０．２００％

Ｎｂは結晶粒粗大化を抑制し、靭性を向上させる元素である。その含有量が０．００５％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎるとフェライト地を炭窒化物生成により析出硬化するため、変形抵抗を増加させるので上限を０．２００％とする。

【００２２】Ａｌ:０．００５～０．０５０％

Ａｌは脱酸材として必要な元素であり、またＮと結合してＡｌＮとなり結晶粒の粗大化を抑制する元素である。その含有量が０．００５％未満の場合はその効果が十分には得られず、多すぎるとアルミナ系酸化物が増加して疲労特性、加工性を低下させるので上限を０．０５０％とする。

【００２３】Ｎ:≦０．０１５％

Ｎは０．０１５％を超えて含有するとＴｉＮが増加し、疲労特性に悪影響を及ぼすので上限を０．０１５％とする。

【００２４】Ｓ:０．００３～０．０２０％、Ｐｂ:０．０３～０．２０％、Ｂｉ:０．０３～０．１５％、Ｃａ:０．０００３％～０．００５０％

Ｓ、Ｐｂ、Ｂｉ、Ｃａはいずれも被削性を向上させる元素である。その含有量が少なすぎる場合にはその効果が十分には得られず、多すぎると特性に悪影響を及ぼすのでその範囲を決定する。

【００２５】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態の鋼について、表１および表２、図１～４、並びに実施例を通じて示す。表１において、発明鋼１は請求項１の実施の形態、発明鋼２は請求項２の実施の形態、発明鋼３は請求項３の実施の形態、発明鋼４は請求項４の実施の形態、発明鋼５～１５は請求項５の実施の形態の鋼を示す。

【００２６】

【表１】

(質量%)

		C	Si	Mn	S	Cr	Mo	Ti	B	Al	N
発明鋼	1	0.43	0.49	0.59	0.002	0.03	—	—	—	—	0.0053
	2	0.47	0.52	0.62	0.001	0.14	0.02	—	—	—	0.0059
	3	0.44	0.47	0.60	0.002	0.17	0.03	0.033	0.0014	—	0.0065
	4	0.45	0.49	0.59	0.002	0.15	0.03	0.029	0.0012	0.032	0.0065
	5	0.44	0.31	0.61	0.012	0.14	0.02	0.031	0.0013	0.033	0.0062
	6	0.43	0.51	0.60	0.011	0.14	0.03	0.029	0.0014	0.029	0.0049
	7	0.46	0.69	0.60	0.014	0.16	0.02	0.029	0.0012	0.028	0.0067
	8	0.47	0.88	0.58	0.009	0.17	0.02	0.033	0.0009	0.032	0.0056
	9	0.43	1.01	0.61	0.011	0.14	0.02	0.029	0.0012	0.030	0.0065
	10	0.45	1.32	0.62	0.014	0.15	0.03	0.030	0.0011	0.031	0.0055
	11	0.45	1.49	0.62	0.013	0.13	0.03	0.032	0.0013	0.033	0.0059
	12	0.46	0.53	0.60	0.012	0.28	0.02	0.028	0.0014	0.032	0.0049
	13	0.43	0.51	0.60	0.011	0.13	1.01	0.030	0.0012	0.029	0.0068
	14	0.44	0.49	0.58	0.014	0.16	0.04	0.033	0.0045	0.028	0.0065
	15	0.45	0.50	0.63	0.011	0.19	0.02	0.031	0.0014	0.031	0.0123
比較鋼	1	0.44	0.07	0.59	0.011	0.17	0.02	0.031	0.0011	0.033	0.0055
	2	0.46	0.20	0.60	0.014	0.16	0.02	0.033	0.0018	0.032	0.0068
	3	0.46	2.03	0.58	0.012	0.19	0.03	0.028	0.0013	0.028	0.0063
	4	0.45	0.54	0.62	0.013	0.52	0.02	0.029	0.0013	0.029	0.0060
	5	0.42	0.49	0.63	0.009	0.16	0.02	0.029	0.0099	0.029	0.0057
	6	0.47	0.52	0.61	0.012	0.14	0.02	0.030	0.0012	0.030	0.0211

【００２７】
【実施例】表１に示す化学組成の鋼を１００ｋｇ真空溶解炉にて溶製した後、１１５０℃で熱間鍛造して直径３２ｍｍの素材を製造した。次いで、前記各素材に対して焼ならしを施した後、図１に示すローラーピッチング試験片１を作成した、このローラーピッチング試験片１は、中央の大径部の直径が２６ｍｍ、長さが２８ｍｍであり、両側の小径部の直径が２２ｍｍ、長さが５１ｍｍの寸法を有するものである。そして、各ローラーピッチング試験片１に対して後記する高周波焼入れ処理を施した後、ローラーピッチング試験を行った。
【００２８】高周波焼入れ処理は、出力４０ｋＷ、周波数２００ｋＨｚ、電圧９．５ｋＶ、電流３．２Ａ、コイル移動速度７ｍｍ／ｓｅｃの条件で実施し、１８０℃で焼戻し処理を行った。
【００２９】ここで、ローラーピッチング試験の原理を図２に示す。すなわち、ローラーピッチング試験片１（小ローラー：材質は表１の鋼）と相手材２（大ローラー：ＪＩＳ　ＳＣＭ４２０相当）とを３４０ｋｇｆ／ｍｍ²すなわち、３３３４Ｎ／ｍｍ²の面圧下で高速回転させ、ピッチングが発生するまでの寿命である回転数を求めて耐ピッチング性を評価した。なおこの場合、ローラーピッチング試験片１（小ローラー）と相手材２（大ローラー）との周速の差、すなわちすべり率は４０％である。そして、各条件についてそれぞれ５本のローラーピッチング試験片１を対象として試験を行った後、ワイブルプロットを行い、５０％破損確率寿命（B_{50}寿命）を求めて耐ピッチング性を評価した。さらに表面硬化層断面の表面から１００μｍ位置における硬さを３００℃の高温条件下にて測定した。高周波焼入れ材の結果を表２ならびに図３、４に示す。図３によると、Ｓｉの含有量を多くするにつれて３００℃での硬さが上がっており、０．３％以上の添加で５００ＨＶを超えている。なお、Ｓｉの含有量を１．５％以上にしてもその効果は飽和している。また、図４によると、Ｓｉの含有量を多くするにつれてピッチング寿命B_{50}は向上しており、含有量を１．５％以上にするとその効果は飽和している。
【００３０】
【表２】

7

		300℃高温硬さ(HV)	ローラーピッチング寿命B_{50}
発明鋼	1	502	7.8×10^6
	2	514	8.4×10^6
	3	510	8.2×10^6
	4	513	8.0×10^6
	5	501	7.3×10^6
	6	512	8.5×10^6
	7	521	9.6×10^6
	8	531	1.5×10^7
	9	539	2.3×10^7
	10	547	2.8×10^7
	11	554	3.0×10^7
	12	515	8.8×10^6
	13	523	9.8×10^6
	14	519	8.7×10^6
	15	511	7.9×10^6
比較鋼	1	460	2.5×10^6
	2	487	5.0×10^6
	3	556	2.9×10^7
	4	521	9.8×10^6
	5	514	8.3×10^6
	6	510	8.6×10^6

8

＊【００３１】

【発明の効果】以上説明したように、本発明鋼はＳｉを多量に添加することで、焼戻し軟化抵抗を増加させることができ、その結果、高温で硬く、さらに耐ピッチング性に優れた特性を有する部品に適用できる高周波焼入れ用鋼である。

【図面の簡単な説明】

【図１】ローラーピッチング試験片１の概略を示す側面図である。

【図２】ローラーピッチング試験の原理を示す斜視図である。

【図３】Ｓｉ量と３００℃での硬さとの関係を示すグラフである。

【図４】Ｓｉ量とピッチング寿命との関係で、高周波焼入れ材のローラーピッチング試験結果を示すグラフである。

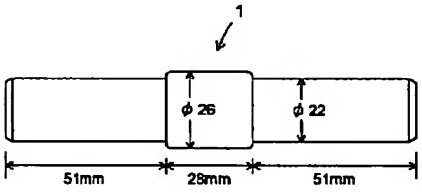
【符号の説明】

１　ローラーピッチング試験片

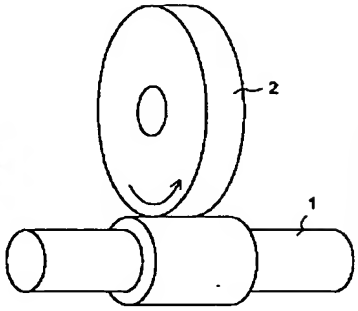
２　相手材

＊

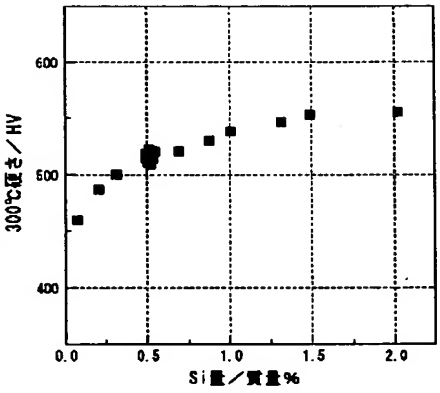
【図１】



【図２】



【図３】



【図４】